

高静止摩擦表面創製のための最適なレーザ加工条件の提案

Proposal of optimal laser processing conditions for the creation of high static friction surfaces

新潟大学大学院 *西須 大貴, 新潟大学 月山 陽介

Daiki Saisu*, Yosuke Tsukiya
*Niigata University

1. 緒言

しゅう動材料ではエネルギーの損失を抑えるために摩擦係数が低いことが求められる一方で、締結部品等では締結部における摩擦で固定するため摩擦を増加させることが求められる。このようなさまざまなニーズに対応するため、摩擦を制御する技術が必要となる。摩擦制御技術の中で比較的環境負荷が少ない表面テクスチャリングが注目を集めている。表面テクスチャリングは材料の表面に微細なテクスチャを付与する技術で様々な手法が存在する。その中の一つにレーザマイクロテクスチャリングがあり、レーザを材料表面に照射することで起こるアブレーションを利用することで加工を行う。Figure 1 にレーザアブレーションの概略図を示す¹⁾。この技術は他の手法より短時間で加工を行えることや既存の部品に後加工を行うことが可能という特徴がある。一般的には表面にディンプル加工を施すことで潤滑面における摩擦を低減させるために用いられてきた。一方で表面に微細な突起形状を付与することで摩擦係数が増高する。突起の形状はレーザアブレーションで除去された材料が付着し凝固する要素と照射した領域の周囲が熱影響で液体に変化し発生する圧力で流動し凝固する要素で成り立っている。レーザスポットを配置する間隔を変化させると形成される突起の形状が変化する。本研究では、突起の最適な配置によって静止摩擦係数を最大限に増大させることを目的とし、そのための最適なレーザ加工条件について明らかにした。

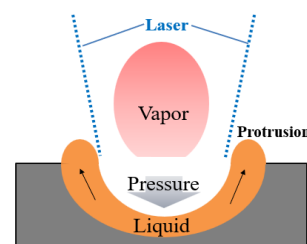


Fig.1 Image of laser ablation

2. 実験内容

今回の実験ではAl 合金 (A7075) にレーザマイクロテクスチャリングを施した。アブレーションを利用した突起形成を扱う際に、レーザスポット 1 個を照射した際に形成されるクレータ形状を 3 次元粗さ測定機で測定した。クレータ 30 個分の形状計測データから求めたクレータ平均形状を Fig. 2 に示す。A7075 合金プレート (Fig. 3) に対し照射したレーザパルスによって長軸約 110 μm 、短軸約 70 μm 、深さ約 15 μm の楕円形状の加工痕が生じた。その後、Fig. 5 に示すようにレーザスポットを X 方向と Y 方向にそれぞれ一定の間隔で照射した。Table 1 に示すような条件で照射したところ、Fig. 6~8 のような突起が形成された。摩擦試験は A5052 球を相手面としてボールオンプレート試験を行った。試験条件は垂直荷重約 5 N、しゅう動方向はレーザの走査方向 (Fig. 5 における楕円の長軸方向) に対して直行方向と平行方向の 2 種類を計測した。しゅう動距離は 2 mm とした。

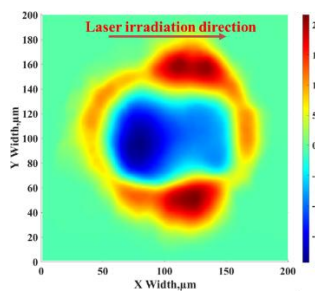


Fig.2 Average laser shape



Fig.3 A7075 plate



Fig.4 A5052 Ball

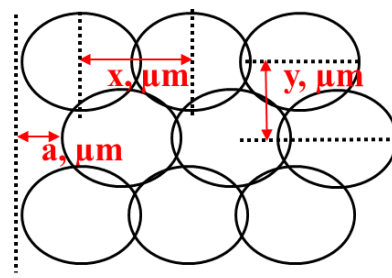


Fig.5 Schematic diagram of laser pattern

Table 1 Table of laser pattern conditions

	LMT 1	LMT 2	LMT 3
$x, \mu\text{m}$	110	60	90
$y, \mu\text{m}$	70	100	90
$a, \mu\text{m}$	0	10	10

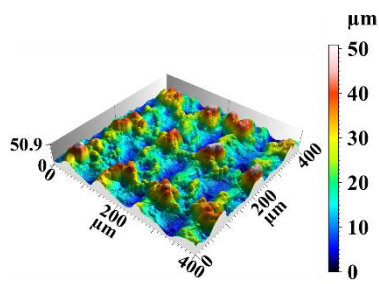


Fig.6 LMT1 3D shape

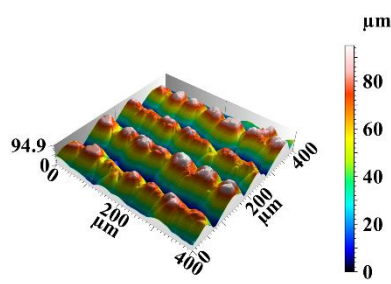


Fig.7 LMT2 3D shape

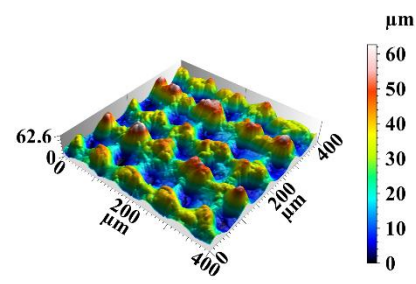


Fig.8 LMT3 3D shape

3. 実験結果および考察

摺動方向が直行(Fig. 5における楕円の短軸方向)である場合の摩擦係数の波形を一例として Fig. 9 に示す. この図から, LMT3 が最も摩擦係数が高いことがわかる. 次に, それぞれの静止摩擦係数を Fig. 10 に示す. 無加工では静止摩擦係数が 0.2 になるのに対してどのレーザパターンの条件でも摩擦係数は増加した. 摩擦の方向によって摩擦係数が変化し LMT2 が摩擦係数の変化の幅が大きくなった. LMT2 の試験後のプレート試験片の表面画像を Fig. 11 および Fig. 12 に示す. LMT2 は突起の x 方向の間隔が狭く, 直行方向の試験後は突起が独立しているが, 平行方向の試験後では突起が隣の突起と接触し連結し細長い突起になっていることが確認でき, 後者のケースで摩擦係数が高い状態となったことが Fig. 10 からわかる. 特に Fig. 12 に示すような LMT2 のサンプルは, 突起断面が長細い形状になっておりしゅう動方向による摩擦係数の変化が最も大きく現れた. 摺動方向に対しての突起間の間隔が狭い場合は隣接突起と接触部分に連結が生じていたことから, 摩擦増大の要因の一つとしてしゅう動方向に対して長い凝着部分を有する可能性が示唆される

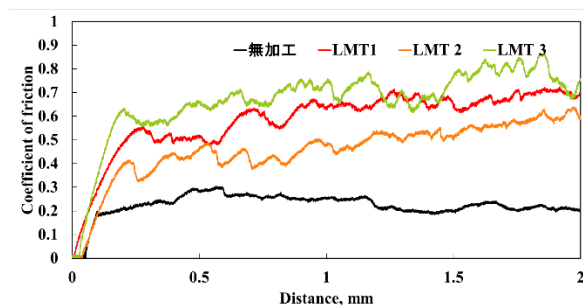


Fig.9 Graph of friction coefficient in orthogonal direction

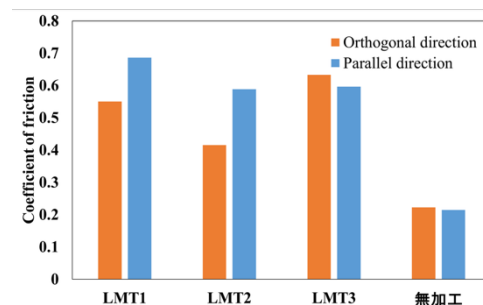


Fig.10 Graph of friction coefficient in parallel direction

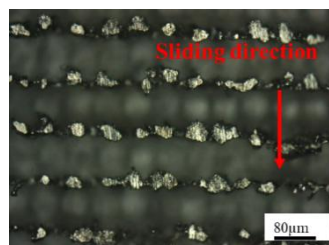


Fig.11 LMT 2 in the orthogonal direction

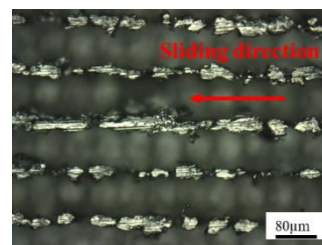


Fig.12 LMT 2 in the parallel direction

4. 結言

レーザ加工により形成した微小突起表面の形状と摩擦特性の関係について明らかにし, 以下の結言が得られた.

- 1) A7075 と A5052 の材料のボールオンディスク試験において, A7075 上に微小突起を付与することで摩擦係数が増加した.
- 2) 突起の間隔が狭い場合にしゅう動によって突起頂点に形成される接触部が連結し摩擦係数が増大した. これが生じない場合は, 摩擦係数が相対的に低かった.
- 3) レーザ照射条件としては, 溶融範囲を隣接されるように照射間隔を設定すると摩擦が最大となる, 一方で, 片方を狭めることで壁状のパターンにすると摩擦の方向依存性が発現した.

参考文献

- 1) Dieter Bäuerle, Laser Processing and Chemistry, Springer, 201, 4 (2011).